Motorización de Sillas de Ruedas Convencionales: Unidad totalmente desarmable y con exclusivo sistema de desacople de motores para tracción manual

Celestino B. Brutti, Aníbal J. Sattler, Darío Albacetti, Alberto R. Canavelli y Carlos B. Donisi.
Facultad de Ciencias de la Vida y la Salud - Universidad Autónoma de Entre Ríos -Argentina, anibalsattler@hotmail.com

Resumen— **El diseño y fabricación de sillas de ruedas motorizadas de bajo costo adaptadas para circular en edificios y espacios públicos de nuestra región, surgió como respuesta a la necesidad del Gobierno de Entre Ríos de integrar a la población con capacidades motrices diferentes de bajos recursos en la actividad laboral y social.**

El costo de una silla de ruedas motorizada resulta elevado en el mercado nacional y se dificulta satisfacer la demanda. Sin embargo, encontramos que si reemplazamos la tecnología importada por la nacional y si se utilizan recursos propios se logra reducir notablemente el costo por unidad.

Por otro lado, las sillas de ruedas motorizadas del mercado no son totalmente eficientes para la circulación en lugares públicos, mas aún teniendo en cuenta el relieve ondulante de nuestra provincia. Este grupo de trabajo realizó un estudio de la tecnología usada en sillas de ruedas motorizadas y en función de ello se concluyó que al motorizar una silla de ruedas convencional implementando una serie de cambios con respecto a las unidades encontradas en el mercado se puede fabricar un modelo apto para superar ésas exigencias.

Como complemento, se incorporaron al diseño los mecanismos necesarios para cumplir con dos características esenciales de una silla de ruedas convencional que no se encuentra en los modelos que ofrece el mercado. La primera de ellas es la necesidad de que una silla de ruedas motorizada pueda transportarse en vehículos tradicionales. Para ello, se diseñó la unidad motorizada completamente desarmable. La segunda característica que quisimos conservar es la posibilidad de que el usuario pueda impulsarse independientemente de los motores. Se diseñó y fabricó entonces un sistema de desacople de motores. Con esto último, el usuario cuenta con la posibilidad de impulsarse manualmente como si estuviera maniobrando una silla de ruedas convencional .

***Palabras clave*— Silla ruedas, Bifuncional, Transportable.**

I. INTRODUCCIÓN

En septiembre de 2004, el Instituto Provincial de Discapacidad de Entre Ríos pidió asesoramiento a la Facultad de Ciencias de la Vida y la Salud para que se evalúe la factibilidad de desarrollar sillas de ruedas motorizadas de bajo costo y adaptadas para la circulación en espacios públicos y en interiores. Las investigaciones consecuentes se llevaron a cabo teniendo en cuenta todos aquellos factores necesarios para la conformación de un prototipo motorizado desde una silla de ruedas convencional, poniendo especial consideración en las diferentes patologías que deben atenderse. El estudio de costos que se volcó en un anteproyecto elevado luego al Instituto resultó satisfactorio, tanto que sirvió de impulso definitivo al emprendimiento.

La Facultad de Ciencias de la Vida y la Salud (U.A.D.E.R) se encargó entonces de desarrollar el prototipo pedido añadiéndole al mismo una serie de mejoras que permiten por un lado desarmar y plegar la unidad para poder transportarse, y por otro lado desacoplar los motorreductores (con extracción de baterías) para dejar al usuario la opción del impulso manual.

II. ESTUDIOS PREVIOS A LA EJECUCIÓN DEL DISEÑO

A. Estudio de las tecnologías de sillas de ruedas motorizadas.

Investigamos la tecnología usada por numerosas sillas de ruedas motorizadas. En la Fig. 1 se grafica un diagrama esencial de los subsistemas que componen una silla de ruedas motorizada.

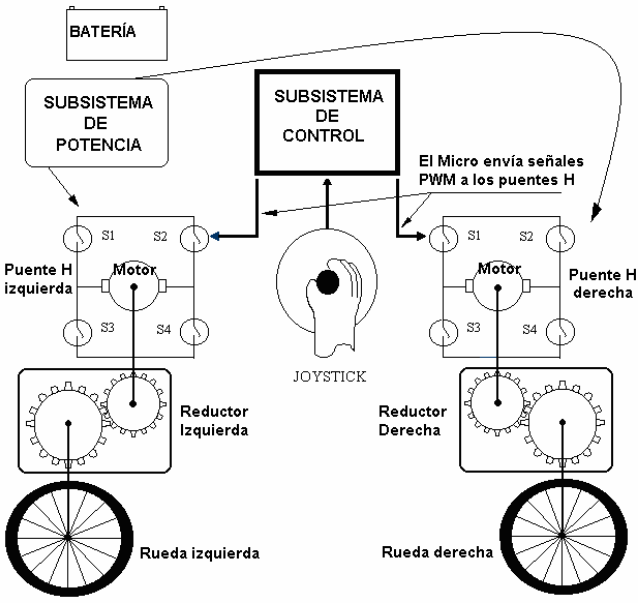

Fig. 1: Diagrama de los subsistemas que controlan una silla de ruedas motorizada estándar.

Luego de estudiar las características electromecánicas y

electrónicas concluimos que para un desempeño óptimo en una geografía como la de nuestra provincia necesitábamos incorporar a nuestro diseño motores y baterías más grandes. Se optó entonces por motores mas potentes que los usados en por otras unidades y por baterías de gel de descarga profunda con mayor capacidad de almacenamiento.

Por otro lado, encontramos que en algunos modelos del mercado se suscitaban problemas de estabilidad (sobre todo al subir rampas). Mediante la ubicación de los componentes electromecánicos se buscó que la distribución del peso entre las ruedas traseras y delanteras en el prototipo sea de 80/20%. Desplazando entonces el centro de gravedad logramos que el prototipo posea mayor maniobrabilidad y estabilidad.

B. Estudio de costos.

El costo de motorizar una silla de ruedas según nuestros diseños oscila los U$A 1300 (mil trescientos dólares); mientras que el costo de una silla de ruedas motorizada estándar del mercado local es de U$A 3100 (tres mil cien dólares).

III. LA SILLA DE RUEDAS DESARROLLADA

A. Características de nuestra unidad.

Habiendo investigado las sillas de ruedas motorizadas del mercado nos pusimos como meta desarrollar un modelo alternativo desde una silla de ruedas convencional con las siguientes características:

1) Vehículo apto para circulación en edificios y exteriores.
2) Sistema de desacople de motores para posibilitar el impulso manual del usuario.
3) Diseño estructural para permitir el plegado y transporte de la unidad en vehículos ordinarios.
4) Comando por joystick.
5) Velocidad máxima de 15 km/h
6) Autonomía máxima de 25 km.
7) Capacidad de trabajo para subir rampas con pendientes de hasta 33º.
8) Mínimos requerimientos de mantenimiento.
9) Capacidad máxima de carga de 130 kg

B. El sistema electromecánico.

Dentro de este sistema se ha encuadrado a todos aquellos componentes encargados de suministrar energía eléctrica y de transformar la energía eléctrica en mecánica. También se incluyen dentro de este sistema los mecanismos de desacoples motrices y los que permitan el plegado del conjunto. Las partes principales del sistema electromecánico son:

1. Los motores. Tomando como consignas la velocidad, autonomía, capacidad de carga e inclinación de pendientes a subir, se optó por la adquisición de dos motores de corriente continua de imán permanente de 150W, 2000 r.p.m. (velocidad motora inicial) y 24v.

2. Las baterías. Para alcanzar la autonomía prevista se decidió que dos baterías de gel de descarga profunda de 12v y 34 Ah son suficientes.

3. Los reductores. Para la transmisión se eligieron un par de reductores de velocidad de ejes ortogonales con sistema de tornillo sinfín y corona y relación 1:70. Estos reductores cumplen con los requisitos de potencia mecánica, potencia térmica y rendimiento mecánico (estático y dinámico) exigidos.

Fig. 2: Vista trasera de nuestra silla que permite ver el sistema de acople, los reductores y los motores.

4. El sistema de desacople. El motorreductor se acopla y desacopla al disco de la rueda mediante un sistema de enclavamiento desplazable manualmente. De esta manera se permite al usuario seleccionar el tipo de tracción, pudiendo optar entre manual y eléctrica.

5. Diseño estructural. (Fig. 3) Es posible retirar los pedales, las baterías, los motorreductores y las ruedas. Con esto, es posible plegar la silla.

Fig. 3: El diseño estructural permite desarmar completamente la silla de ruedas motorizada para poder transportarse en un vehículo ordinario
.

C. El sistema electrónico.

El sistema electrónico se divide en los siguientes subsistemas:

1. Subsistema de control. El comando de la silla se realiza a través de un *Joystick de palanca*. El usuario maniobra este dispositivo y determina el movimiento deseado para la unidad. Se ha optado por un joystick analógico porque a diferencia de los joystick de ocho posiciones, permite establecer un manejo omnidireccional. El usuario indica que dirección, velocidad y sentido debe tener la silla a través de los movimientos que le imprime a la palanca. Cuando el usuario ubica la palanca del joystick en algún punto de su campo de exploración, el microcontrolador (μC) interpreta la posición de ese punto y genera dos señales que representarán las velocidades y sentidos que deben tener los motores para realizar el movimiento deseado. Estas dos señales se inyectan luego al Subsistema de Potencia.

2. Subsistema de Potencia. Recibe las señales generadas por el μC y las inyecta a dos puentes inversores de giro de motores previo paso por un driver encargado de proveer la tensión necesaria para la polarización de los FET de potencia y de seleccionar los interruptores que correspondan para realizar esa tarea. La configuración elegida para inyectar las señales PWM y establecer sentido de giro a los motores es en *puente H.* En la Fig. 4 se muestra su funcionamiento como inversor de giro de un motor de CC. Consta de cuatro interruptores de potencia S1, S2, S3 y S4 que se cierran de a pares: S1 con S4 para activar el circuito a) y S2 con S3 para activar el circuito b). Como interruptores de potencia hemos elegido transistores de efecto de campo de alta corriente de canal P y canal N por su elevado rendimiento en motores de CC de baja potencia.

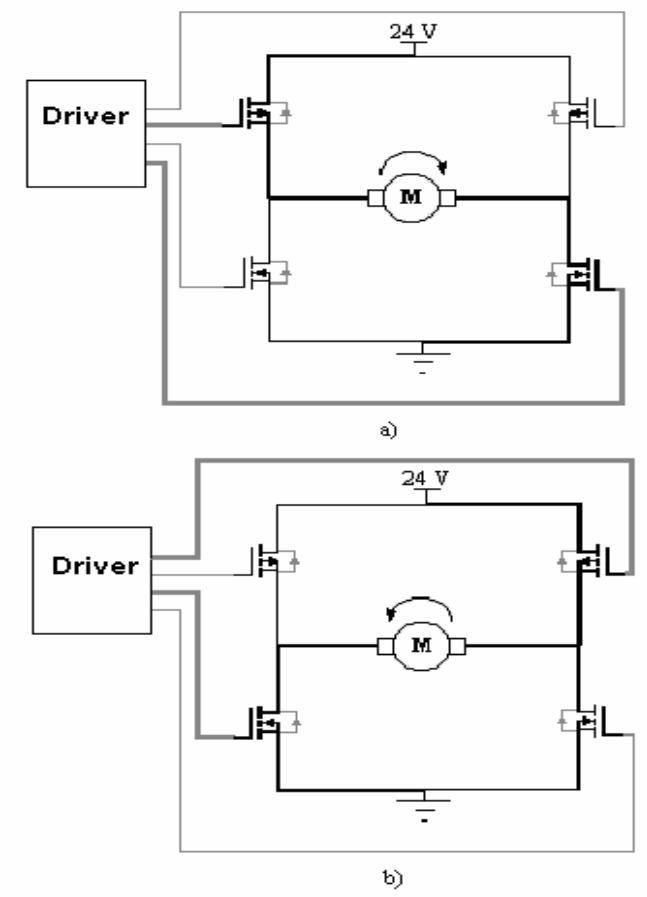

Fig.5: Diagrama de puente H con el driver. En a) las líneas gruesas indican el circuito para generar en el motor un sentido de giro “clockwise” . En b) las líneas gruesas indican el circuito para generar en el motor un sentido de giro “anti clockwise”.

3. Subsistemas anexos. Funcionan comandados por el μC. Controlan el nivel de tensión de las baterías y generan una indicación de batería baja, deteniendo los motores si el nivel de alguna de las baterías desciende de 9V. Monitorean además el consumo de corriente: al detectarse un consumo importante y por lo tanto una baja en la tensión de alimentación, desconecta los motores y bloquea el sistema, siendo necesaria la desconexión y conexión de la alimentación, luego de algunos segundos, para reiniciar la lógica.

4. Indicadores. Constituido de dos LEDs, uno rojo y uno verde. Función: Led verde encendido y rojo apagado, indican que el sistema se encuentra en modo normal de funcionamiento. Led verde y led rojo encendidos, batería baja. Led verde apagado y rojo encendido, indica que se produjo un mal funcionamiento o una baja excesiva de las baterías

5. Cargador de baterías: es un dispositivo ajeno al sistema electrónico de la silla. Permite recargar completamente las baterías en un lapso aproximado de 8 horas.

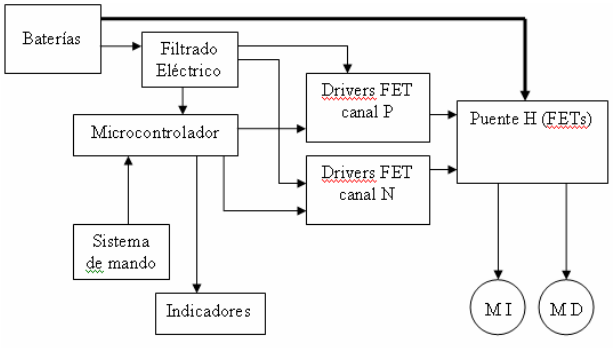

Fig. 6 Diseño esquemático de la lógica de control

.

IV. Conclusiones

A. Pruebas a la que fue sometida nuestra silla de ruedas motorizada Demostraciones

Se realizaron las siguientes pruebas:

- Ascenso y descenso de rampas.
- Detención en rampas.
- Cambios abruptos de dirección y velocidad
- Movimientos cortos en espacios reducidos y en superficies irregulares.
- Movimientos rápidos en superficies irregulares.
- Movimientos sobre césped
- Movimientos sobre superficies con pendientes de hasta 33º.
- Largas marchas para poner a prueba todo el sistema electromecánico.
- Acoples y desacoples de los motores

Obtuvimos los siguientes resultados:

- La silla respondió favorablemente a cada exigencia.
- Los movimientos logrados fueron suaves y precisos.
- No se notó sobrecalentamiento de los motores
- No se notó desgaste de los reductores
- Las baterías respondieron efectivamente desarrollando la autonomía prevista**.**
- Los sistemas electrónicos de protección térmica y eléctrica funcionaron perfectamente
- El sistema de acople/desacople de motores funcionó según lo esperado

B. Ventajas de nuestro con respecto a modelos encontrados en el mercado.

- La adaptabilidad a circulación en veredas y espacios abiertos, no es una característica común en todas las sillas de ruedas motorizadas.
- La posibilidad de desacople de motores para realizar tracción manual es exclusiva de este prototipo.
- La posibilidad de quitar las baterías para poder plegarse también es una característica poco común en los modelos comerciales.
- El costo de nuestra unidad es muy inferior al costo de una silla motorizada encontrada en el mercado.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Autónoma de Entre Ríos por permitirnos trabajar y apoyarnos en desarrollos para aquellos que lo necesitan.

Referencias

[1] Searz / Semansky "FISICA" , Primera edición en español, Aguilar ediciones, 1979.
[2] Timoshenko y Young "Elements of Strength of Materials", Cuarta edición en inglés, D. Van Nostrand Company, Inc, 1962.
[3] William A. Nash "Strength of Materials", Schaum Publishing Company, 1957.
[4] Xavier Salueña Berna – Amelia Nápoles Alberro,"Tecnología Mecánica", Primera edición, Ediciones UPC, 2000.
[5] Instituto Nacional de Estadística y censos de la República Argentina . http://www.indec.gov.ar.
[6] Instituto Provincial de Discapacidad de la Provincia de Entre Ríos http://www.entrerios.gov.ar/ipd.
[7] Muhammad Rashid "Electrónica de Potencia", Tercera edición, Prentice Hall, 2004.
[8] Ogata Katsuhiko, "Ingeniería de Control Moderna", Tercera edición, Prentice Hall, 1997.
[9] International Rectifier, http://www.irf.com
[10] Microchip Technology Inc. , http://www.microchip.com